

Claims 1
+
2

PAT-NO: JP411264724A

DOCUMENT-IDENTIFIER: JP 11264724 A

TITLE: DEVICE AND METHOD FOR
PROCESSING IMAGE, AND MEDIUM
PROVIDED

PUBN-DATE: September 28, 1999

INVENTOR-INFORMATION:

NAME

COUNTRY

ASHIGAHARA, TAKAYUKI

N/A

ASSIGNEE-INFORMATION:

NAME

COUNTRY

SONY CORP

N/A

APPL-NO: JP10068154

APPL-DATE: March 18, 1998

INT-CL (IPC): G01B011/24, G06T007/00

ABSTRACT:

PROBLEM TO BE SOLVED: To increase
generating/processing speed of a distance
image, by using pixels of a distance image found in
the past for pixels judged

BEST AVAILABLE COPY

to be small in distance by utilizing a reference image obtained in the past, or by making a search in a limited search area for searched points on an epipolar line.

SOLUTION: A brightness-change detecting part 21 computes a brightness-change evaluation value SD

COPYRIGHT: (C)1999,JPO

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平11-264724

(43) 公開日 平成11年(1999) 9月28日

(51) Int.Cl.⁶

識別記号

F I

G 0 1 B 11/24

G 0 1 B 11/24

K

G 0 6 T 7/00

G 0 6 F 15/62

4 1 5

審査請求 未請求 請求項の数 6 O L (全 12 頁)

(21) 出願番号 特願平10-68154

(22) 出願日 平成10年(1998) 3月18日

(71) 出願人 000002185

ソニー株式会社

東京都品川区北品川 6 丁目 7 番 35 号

(72) 発明者 芦ヶ原 隆之

東京都品川区北品川 6 丁目 7 番 35 号 ソニ

ー株式会社内

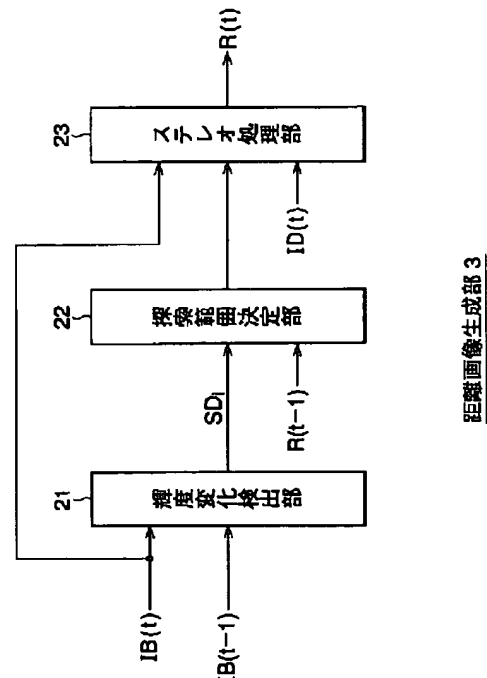
(74) 代理人 弁理士 稲本 義雄

(54) 【発明の名称】 画像処理装置および方法、並びに提供媒体

(57) 【要約】

【課題】 距離画像の生成処理を高速化する。

【解決手段】 輝度変化検出部 21 は、基準カメラにおいて撮像された現在の画像 $IB(t)$ と過去の画像 $IB(t-1)$ とから輝度変化評価値 SD_i を算出し、探索範囲決定部 22 に出力する。探索範囲決定部 22 は、入力された輝度変化評価値 SD_i から、エッジボーライン上の対応点の探索範囲を決定する。決定された探索範囲は、ステレオ処理部 23 に出力される。ステレオ処理部 23 は、決定された探索範囲内において対応点の探索を行い、その探索の結果得られた距離画像 $R(t)$ を出力する。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 複数の撮像装置により撮像された画像に対して所定の画像処理を施す画像処理装置において、前記撮像装置から撮像された画像のうち少なくとも1つを基準画像とし、現在撮像されている基準画像と過去に撮像された基準画像との輝度の変化を算出する輝度算出手段と、

前記輝度算出手段により算出された値により、エッジライン上の対応点の探索範囲を決定する決定手段とを備えることを特徴とする画像処理装置。

【請求項2】 前記輝度算出手段により算出された値が、設定されたしきい値よりも小さいか否かを判断する判断手段をさらに備え、

前記決定手段は、前記判断手段により前記値が前記しきい値よりも小さいと判断された場合、過去に求められた対応点により導出された距離情報を用いることを特徴とする請求項1に記載の画像処理装置。

【請求項3】 前記輝度算出手段により算出された値が、設定されたしきい値よりも小さいか否かを判断する判断手段をさらに備え、

前記決定手段は、前記判断手段により前記値が前記しきい値よりも小さいと判断された場合、対応点の探索範囲を過去に求めた対応点の周辺に限定することを特徴とする請求項1に記載の画像処理装置。

【請求項4】 前記輝度算出手段により算出された値が、前記しきい値よりも大きな値として設定された第2のしきい値よりも小さいか否かを判断する第2の判断手段をさらに備え、

前記決定手段は、前記第2の判断手段により前記値が前記第2のしきい値よりも小さいと判断された場合、対応点の探索範囲を過去に求めた対応点の周辺に限定することを特徴とする請求項2に記載の画像処理装置。

【請求項5】 複数の撮像装置により撮像された画像に対して所定の画像処理を施す画像処理装置の画像処理方法において、

前記撮像装置から撮像された画像のうち少なくとも1つを基準画像とし、現在撮像されている基準画像と過去に撮像された基準画像との輝度の変化を算出する輝度算出ステップと、

前記輝度算出ステップで算出された値により、エッジライン上の対応点の探索範囲を決定する決定ステップとを含むことを特徴とする画像処理方法。

【請求項6】 複数の撮像装置により撮像された画像に対して所定の画像処理を施す画像処理装置に、前記撮像装置から撮像された画像のうち少なくとも1つを基準画像とし、現在撮像されている基準画像と過去に撮像された基準画像との輝度の変化を算出する輝度算出ステップと、

前記輝度算出ステップで算出された値により、エッジライン上の対応点の探索範囲を決定する決定ステップ

とを含む処理を実行させるコンピュータが読み取り可能なプログラムを提供することを特徴とする提供媒体。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、画像処理装置および方法、並びに提供媒体に関し、特に、距離画像を生成する際に求められる対応点の探索を、過去に得られた基準画像を用いて、距離の変化が小さいか否かを判断し、その結果、変化が小さいと判断された画素に対しては、その対応点の探索範囲を限定、または全く探索を行わないようにすることにより、距離画像の生成処理の高速化を可能にする画像処理装置および方法、並びに提供媒体に関する。

【0002】

【従来の技術】測定対象物の表面の3次元座標、すなわち3次元形状を計測するために、視点の異なる複数のカメラで、同一シーンを、同時に撮像した画像を用いて、その画像間での各画素の対応点を求め、その視差により物体までの距離情報を得る距離計測装置が知られている。このようにして、距離を計測する方法は一般に、ステレオ法と呼ばれている。

【0003】図15は、ステレオ法の概略を説明する図である。この図が示すように、ステレオ法では、基準カメラ1と参照カメラ2の2台のカメラにより、3次元のシーンを観測し、測定しようとする対象の3次元空間における位置（基準点からの距離）が求められる。

【0004】すなわち、図15に示す例では、3次元シーン中の対象点Pが基準カメラ1により観察される観察点 n_b と、参照カメラ2により観察される観察点 n_r とが求められる。そして、これらの観測点 n_b 、 n_r から、対象点Pの3次元空間内の位置を求めることができる。

【0005】観察点 n_b に対応する観察点 n_r を検出する方法としては、エッジラインを用いた方法がある。すなわち、図15に示すように、参照カメラ2の観察点 n_r は、両カメラの光学中心（光軸）と基準カメラ1の観察点 n_b によって決められる平面と、参照カメラ2の画像面が交わる直線上に存在する。この直線が、エッジラインと呼ばれる。基準カメラ1と参照カメラ2の位置関係が概知であれば、基準カメラ1の各観測点毎に参照カメラ2の画面上のエッジライン上での対応点検索を行うことにより、所望の対応点を検出することができる。

【0006】ここで、図16(A)に示した基準画面上の点 n_b の対応点を、参照画面上で検出する場合を説明する。図16(A)のように、 n_b 周辺の小領域Wをテンプレートとし、検出画像上のエッジライン上の複数点（図16(B)の場合、 n_{d1} 乃至 n_{d6} の6点）で相関値が求められる。このエッジライン上の点 n_{d1} 乃至 n_{d6} の添字の数字は、それぞれ基準カメラ1からの実際の距離1m乃至6mに対応して付けられているとす

る。

【0007】この相関値の求め方としては、例えば次式に示すようにSAD(Sum of Absolute Difference)が用いられる。

$$d(b, d) = \sum |I(x_i) - I'(x'_i)|$$

この式において、 $I(x_i)$ は基準画像の輝度値、 $I'(x'_i)$ は参照画像の輝度を表し、 i は小領域W内の画素の番号を表す値である。

【0008】上式により求められた相関値をグラフにしたのが、図17である。このグラフにおいて、最も相関の低いところである n_{d3} が対応点となる。この場合、距離は、 n_{d3} が存在する3mとなる。または、最も相関の低い n_{d3} 周辺の値から、サンプリングしたデータを補間して、最小点を求め、その点を対応点としても良い(図17の場合、 n_{d4})。

【0009】なお、エビポーライン上の位置と物体の距離の関係は、予めキャリブレーションによって求められている。そして、このようにして、各基準画像上の画素の対応点、およびその距離が求められることにより、距離画像が生成される。

【0010】

【発明が解決しようとする課題】ところで、図16の例では、エビポーライン上の探索点は6点であったが、通常32乃至64個の探索点により、対応点は探索される。さらにこの探索は、基準画像上の各画素、全てに対して行われる。従って、この対応点探索は、非常に重い処理であるために、その処理には、時間を要するといった課題があった。

【0011】また、放送局などでは、画質を重視するため、画像を構成する画素の数が多い。従って、画像全体について、上述した対応点探索および距離の算出を行うには時間を要し、リアルタイムの処理が困難になる。

【0012】本発明はこのような状況に鑑みてなされたものであり、過去に得られた基準画像を利用し、距離の変化が小さいと判断された画素に対しては、過去に求められた距離画像の画素を用いる、または、エビポーライン上の探索点の探索範囲を限定して探索することにより、距離画像の生成処理を高速化できるようにするものである。

【0013】

【課題を解決するための手段】請求項1に記載の画像処理装置は、撮像装置から撮像された画像のうち少なくとも1つを基準画像とし、現在撮像されている基準画像と過去に撮像された基準画像との輝度の変化を算出する輝度算出手段と、輝度算出手段により算出された値により、エビポーライン上の対応点の探索範囲を決定する決定手段とを備えることを特徴とする。

【0014】請求項5に記載の画像処理方法は、撮像装置から撮像された画像のうち少なくとも1つを基準画像とし、現在撮像されている基準画像と過去に撮像された

基準画像との輝度の変化を算出する輝度算出ステップと、輝度算出ステップで算出された値により、エビポーライン上の対応点の探索範囲を決定する決定ステップとを含むことを特徴とする。

【0015】請求項6に記載の提供媒体は、撮像装置から撮像された画像のうち少なくとも1つを基準画像とし、現在撮像されている基準画像と過去に撮像された基準画像との輝度の変化を算出する輝度算出ステップと、輝度算出ステップで算出された値により、エビポーライン上の対応点の探索範囲を決定する決定ステップとを含む処理を実行させるコンピュータが読み取り可能なプログラムを提供することを特徴とする。

【0016】請求項1に記載の画像処理装置、請求項5に記載の画像処理方法、および請求項6に記載の提供媒体においては、撮像装置から撮像された画像のうち少なくとも1つが基準画像とされ、現在撮像されている基準画像と過去に撮像された基準画像との輝度の変化が算出され、算出された値により、エビポーライン上の対応点の探索範囲が決定される。

20 【0017】

【発明の実施の形態】以下に本発明の実施の形態を説明するが、特許請求の範囲に記載の発明の各手段と以下の実施の形態との対応関係を明らかにするために、各手段の後の括弧内に、対応する実施の形態(但し一例)を付加して本発明の特徴を記述すると、次のようになる。但し勿論この記載は、各手段を記載したものに限定することを意味するものではない。

【0018】請求項1画像処理装置は、撮像装置から撮像された画像のうち少なくとも1つを基準画像とし、現在撮像されている基準画像と過去に撮像された基準画像との輝度の変化を算出する輝度算出手段(例えば、図13のステップS32)と、輝度算出手段により算出された値により、エビポーライン上の対応点の探索範囲を決定する決定手段(例えば、図13のステップS34、S35)とを備えることを特徴とする。

【0019】請求項2に記載の画像処理装置は、輝度算出手段により算出された値が、設定されたしきい値よりも小さいか否かを判断する判断手段(例えば、図4のステップS3)をさらに備え、決定手段は、判断手段により値がしきい値よりも小さいと判断された場合、過去に求められた対応点により導出された距離情報を用いる(例えば、図4のステップS4)ことを特徴とする。

【0020】請求項3に記載の画像処理装置は、輝度算出手段により算出された値が、設定されたしきい値よりも小さいか否かを判断する判断手段(例えば、図13のステップS33)をさらに備え、決定手段は、判断手段により値がしきい値よりも小さいと判断された場合、対応点の探索範囲を過去に求めた対応点の周辺に限定する(例えば、図13のステップS34)ことを特徴とする。

【0021】請求項4に記載の画像処理装置は、輝度算出手段により算出された値が、しきい値（例えば、図14の SD_{t1} ）よりも大きな値として設定された第2のしきい値（例えば、図14の SD_{t2} ）よりも小さいか否かを判断する第2の判断手段（例えば、図14のステップS55）をさらに備え、決定手段は、第2の判断手段により値が第2のしきい値よりも小さいと判断された場合、対応点の探索範囲を過去に求めた対応点の周辺に限定する（例えば、図14のステップS56）ことを特徴とする。

【0022】図1は、本発明の画像処理装置20の構成例を示している。基準カメラ1で撮像された被写体15の画像データは、フレームメモリ6に、参照カメラ2で撮像された被写体15の画像データは、フレームメモリ5に、それぞれデジタル化されて出力され、記憶される。フレームメモリ5に記憶された画像データは、距離画像生成部3に出力される。距離画像生成部3に出力された画像データは、他のデータとともに、後述する距離画像の生成に用いられる。

【0023】フレームメモリ6に記憶された画像データは、距離画像生成部3と、フレームメモリ7に出力される。そして、距離画像生成部3に出力された画像データは、他のデータとともに、後述する距離画像の生成に用いられ、フレームメモリ7に出力された画像データは、記憶される。

【0024】フレームメモリ7に記憶された画像データは、距離画像生成部3に出力される。距離画像生成部3は、入力された各画像データを基に、距離画像を生成し、出力する。ここで、距離画像とは、各画素の輝度が基準点（基準カメラ1）からの距離に対応する値になっている画像を意味する。距離画像生成部3には、フレームメモリ8からの出力も入力される。このフレームメモリ8に入力され、記憶されるデータは、距離画像生成部3において、1フレーム前に出力された距離画像である。

【0025】フレームメモリ7、8は、それぞれ2枚のメモリから構成されるようにしても良い。そして、それぞれのメモリに書き込みと読み出しを交互に行うようにすることにより、各メモリが行っている処理に影響を与えないようにすること、具体的には、参照している画素のデータが書き換えられないようにすることができる。

【0026】図2は、図1に示した画像処理装置20を時間軸に沿って説明するための図であり、基準となる時刻 t 、その1フレーム前の時刻 $(t-1)$ 、その1フレーム後の時刻 $(t+1)$ の、各時刻における画像処理装置20のデータの流れを示している。

【0027】時刻 $(t-1)$ における、画像処理装置20の基準カメラ1からの画像データは、デジタル化され、フレームメモリ6に入力され、記憶される。その記憶されたデータを $IB(t-1)$ とする（以後 IB は、

基準カメラ1で撮像された画像データを示し、括弧内は、そのデータが得られた時刻を示すものとする）。同様に、参照カメラ2からの画像データは、デジタル化され、フレームメモリ5に入力され、記憶される。その記憶されたデータを $ID(t-1)$ とする（以後 ID は、参照カメラ2で撮像された画像データを示し、括弧内は、そのデータの得られた時刻を示すものとする）。

【0028】フレームメモリ7には、時刻 $(t-1)$ の1フレーム前の画像データ（時刻 $(t-2)$ で、基準カメラ1から出力された画像データ）である $IB(t-2)$ が記憶されており、その記憶されているデータが距離画像生成部3に出力される。フレームメモリ8には、時刻 $(t-1)$ の1フレーム前の距離画像（時刻 $(t-2)$ で、距離画像生成部3が出力した距離画像）である $R(t-2)$ が記憶されており（以後 R は、距離画像生成部3が生成した距離画像を示し、括弧内は、その距離画像が得られた時刻を示すものとする）、その記憶されている距離画像を、距離画像生成部3に出力する。

【0029】距離画像生成部3は、入力されたデータを基に、距離画像 $R(t-1)$ を生成し、出力する。この生成については、後述する。

【0030】時刻 t において、フレームメモリ5には、参照カメラ2からの画像データ $ID(t)$ が入力され、記憶される。同様に、フレームメモリ6には、基準カメラ1からの画像データ $IB(t)$ が入力され、記憶される。それぞれのフレームメモリ5、6に記憶された画像データ $ID(t)$ 、 $IB(t)$ は、距離画像生成部3に入力される。

【0031】フレームメモリ7には、時刻 $(t-1)$ の時にフレームメモリ6から出力された画像データ $IB(t-1)$ が入力され、記憶され、そして、距離画像生成部3に出力される。フレームメモリ8には、時刻 $(t-1)$ の時に距離画像生成部3から出力された距離画像 $R(t-1)$ が入力され、記憶され、そして、距離画像生成部3に出力される。

【0032】距離画像生成部3では、入力された各データを基に、時刻 t における距離画像 $R(t)$ を出力する。

【0033】時刻 $(t+1)$ において、フレームメモリ5には、参照カメラ2からの画像データ $ID(t+1)$ が入力され、記憶される。同様に、フレームメモリ6には、基準カメラ1からの画像データ $IB(t+1)$ が入力され、記憶される。それぞれのフレームメモリ5、6に記憶された画像データ $ID(t+1)$ 、 $IB(t+1)$ は、距離画像生成部3に入力される。

【0034】フレームメモリ7には、時刻 t の時にフレームメモリ6から出力された画像データ $IB(t)$ が入力され、記憶され、そして、距離画像生成部3に出力される。フレームメモリ8には、時刻 t の時に距離画像生成部3から出力された距離画像 $R(t)$ が入力

され、記憶され、そして、距離画像生成部3に出力される。

【0035】距離画像生成部3では、入力された各データを基に、時刻(t+1)における距離画像R(t+1)を出力する。

【0036】このようにして、フレームメモリ5、6には、その時刻による画像データが記憶され、その時刻よりも1フレーム前の時刻に得られた画像データがフレームメモリ7に、距離画像がフレームメモリ8に、それぞれ記憶される。

【0037】距離画像生成部3は、図3に示したように、輝度変化検出部21、探索範囲決定部22、およびステレオ処理部23から構成されている。以下、時刻(t)の時を例にあげて、説明する。時刻(t)において、輝度変化検出部21には、基準カメラ1からの画像データIB(t)と、時刻(t-1)における基準カメラ1からの画像データIB(t-1)が入力される。

【0038】輝度変化検出部21は、入力された各データを基に、輝度値の変化評価値SD_iを演算し出力する。この評価値SD_iと時刻(t-1)において距離画像生成部3(ステレオ処理部23)から出力された距離画像R(t-1)が、探索範囲決定部22に入力される。探索範囲決定部22は、入力されたデータを基に、エピポーライン上の対応点の探索範囲を決定する。その決定された探索範囲と、ID(t)に従って、ステレオ処理部23は、距離画像R(t)を求める。

【0039】次に、図4のフローチャートを参照して、距離画像生成部3の動作について説明する。ここで、IB_i、ID_i、R_iはそれぞれ、第i番目の画素における、基準カメラ1からの画像の輝度、参照カメラ2からの画像の輝度、距離画像の値(距離)を表し、その後に加えられる括弧内は、時刻を表すものとする。

【0040】距離画像生成部3は、ステップS1において、画素の番号を表すiを0に初期設定する。輝度変化検出部21は、ステップS2において、次式に示すように、入力されたIB(t)の第i番目の画素のデータIB_i(t)と、IB(t-1)の第i番目の画素のデータIB_i(t-1)との差を演算し、基準画像の輝度の変化値SD_iを求める。

$$SD_i = |IB_i(t) - IB_i(t-1)|$$

【0041】この輝度の変化値SD_iの算出の仕方としては、それぞれの画素の輝度値の差分の絶対値を取る代わりに、それぞれの画素の周辺の小領域の相関値を取るようにしても良い。

【0042】探索範囲決定部22は、ステップS3において、入力された輝度変化評価値SD_iが予め設定されているしきい値SD_{th}よりも小さいか否かを判断する。輝度変化評価値SD_iがしきい値SD_{th}よりも小さいと判断された場合、ステップS4に進む。輝度変化評価値SD_iがしきい値SD_{th}より小さいと言うことは、第i番目

の画素での距離の変化(その画素の時刻(t-1)における距離と時刻(t)における距離の差)は無視できるほど小さいであろうと判断され、時刻(t-1)の時に得られた第i番目の画素に対応する距離画像R_i(t-1)を、時刻(t)の第i番目の画素に対応する距離画像R_i(t)として採用する。

【0043】一方、ステップS3において、輝度変化評価値SD_iがしきい値SD_{th}よりも大きいと判断された場合、換言すれば、第i番目の画素での距離変化は大きいであろうと判断された場合、ステップS5に進む。ステップS5において、ステレオ処理部23は、参照カメラ2の画像データID(t)のエピポーライン上の対応点探索および距離の算出の処理を実行する。次に、ステップS5の処理の詳細について、図5のフローチャートを参照して説明するが、その前に、図6以降を用いて、射影変換を用いた場合の距離の算出の仕方について説明する。

【0044】図6に示すように、3次元空間に置かれた平面を基準カメラ1と参照カメラ2の2台のカメラ(ステレオカメラ)で観察した場合、対応点のカメラ座標は、射影変換により相互に変換可能である。つまり、3次元空間に置かれた平面上の点Pが、基準カメラ1の画像(以下、基準画像と適宜略記する)でn_bに観察され、参照カメラ2の画像(以下、参照画像と適宜略記する)でn_rに観察された場合、n_bからn_rへの変換を3×3の射影変換行列をHとすると、次式が成立する。

$$n_r = H \cdot n_b \quad (1)$$

【0045】式(1)の射影変換行列Hは、m₀乃至m₈の合計9個のパラメータにより構成されている。しかしながら、スケール因子に自由度が残るので、自由度は8となる。また、射影変換行列Hは、カメラの内部パラメータ、外部パラメータ、および平面の方程式を暗黙的に含んだ行列である。

【0046】図7は、射影変換を施す対象となるテキストとカメラとの関係を示す図である。この図においては、基準点(所定の位置に選んで良い)からある距離Z₀だけ離れた位置に設置された1枚の平面を相互に位置関係が固定された2台のカメラにより撮像されるようになされている。なお、平面のカメラ側の面には、所定のテキストが形成されている。

【0047】参照カメラ2の画像と、基準カメラ1の画像とを組み合わせるとステレオペアを形成する。この時、基準カメラ1の画像(基準画像)と、参照カメラ2の画像(参照画像)は、図8(A)に示すようになる。

【0048】このとき、参照画像に対して所定の射影変換を施し、これらの画像間の輝度の誤差が最小となるような射影変換行列Hを算出する。このような射影変換行列Hを求めることにより、基準画像の任意の点に対応する対応点を参照画像から検索することが可能となる。

【0049】変換後の参照画像と、基準画像が一致する

射影変換行列Hの求め方(画像合わせ込みの方法)としては、Levenberg-Marquardt最小化法が用いられる。そして、このように求められた射影変換行列Hを用いて、エビポーラインが求められる。

【0050】図9は、エビポーラインの求め方を説明するための図である。射影変換行列Hが求められると、距離 Z_0 における基準画像上の点 n_b に対応する参照画像上の点 n_{r0} が決定される。点 n_b は任意であるので、その結果、基準画像上の全ての点に対応する対応点を算出することができる。同様にして、観察する平面を距離 Z_1 の位置に、距離 Z_0 の位置に置かれていた平面と平行になるようにおかれた場合の射影変換行列 H_1 を求める。

【0051】基準画像上の観察点 n_b は、対象点が距離 Z_0 または Z_1 にある場合には、求められた射影変換行列 H_0 、 H_1 により、参照画像上の n_{r0} 、 n_{r1} にそれぞれ射影されることがわかる。従って、参照画像上の2点 n_{r0} 、 n_{r1} を結んだ線分がエビポーラインとなる。

【0052】ところで、実際の対象物の距離を測定する場合には、基準画像上の所定の点に対応する点(対応点)を、参照画像のエビポーライン上で探索し、探索された対応点の位置(視差)を、3次元空間における実際の距離に変換する必要がある。しかし、例えば射影変換を用いた場合、視差と実際の距離とは正比例しない。従って、この視差を距離に変換する変換式を求めるために、距離 Z_0 、 Z_1 とは異なる距離 Z_2 に、前述の平面を再度設置して、 n_{r2} を求め、これら n_{r0} 、 n_{r1} 、 n_{r2} から複比を用いて視差の距離へ変換を行う。

$$\begin{aligned} & (AC/BC) / (AD/BD) \\ & = (\sin\alpha / \sin\beta) / (\sin\gamma / \sin\delta) \quad (7) \end{aligned}$$

【0058】以上の式(2)乃至(7)の計算と同様の30※して行うことにより、以下の式(8)が得られる。計算を、 $A'C'$ 、 $B'C'$ 、 $A'D'$ 、 $B'D'$ に対※

$$\begin{aligned} & (A'C' / B'C') / (A'D' / B'D') \\ & = (\sin\alpha / \sin\beta) / (\sin\gamma / \sin\delta) \quad (8) \end{aligned}$$

【0059】これら、式(7)と式(8)とから、以下★ ★の式(9)(複比)が得られる。

$$\begin{aligned} & (AC \cdot BD / BC \cdot AD) \\ & = (A'C' \cdot B'D' / B'C' \cdot A'D') \quad (9) \end{aligned}$$

【0060】以上の複比を用いて、以下のような手順により、所望の対象点の3次元空間内における基準点からの距離が求められる。いま、図11において、線分 L を基準画像上の点 n_b の視線に対応させ、また、線分 L' をエビポーラインに対応させるとする。さらに、点 A 、 B 、 D をそれぞれ距離 Z_0 、 Z_2 、 Z_1 の3次元空間内の点に対応させ、また、点 A' 、 B' 、 D' を、射影変換行列 H_0 、 H_2 、 H_1 でそれぞれ求めることができる ☆

$$\begin{aligned} AC &= Z_s - Z_0, & A'C' &= n_{rs} - n_{r0} \\ BC &= Z_s - Z_2, & B'C' &= n_{rs} - n_{r2} \\ AD &= Z_1 - Z_0, & A'D' &= n_{r1} - n_{r0} \\ BD &= Z_1 - Z_2, & B'D' &= n_{r1} - n_{r2} \end{aligned} \quad (10)$$

【0063】従って、式(10)を式(9)に代入する ◇◇ことができる。ところで、実際の距離は、線分 L に沿ったものではないが、別の線分に正射影されているの

*【0053】図10は、複比を説明するための図である。この図に示すように、3次元空間内の線分 L が画像画面上に線分 L' として投影されているものとする。このとき、線分 L 上の4点 A 、 B 、 C 、 D は、それぞれ、線分 L' 上の点 A' 、 B' 、 C' 、 D' に投影されているものとする。また、これらの線分 L 、 L' を観察する視点 O と、線分 L 、 L' とは同一平面上に配置されている。換言すると、点 A 、 B 、 C 、 D 、 A' 、 B' 、 C' 、 D' と視点 O とは、同一の平面上に配置されている。これらの平面上における位置関係を書き直すと、図11に示すようになる。

【0054】この図において、 $OA=a$ 、 $OB=b$ 、 $OC=c$ 、 $OD=d$ とおき、さらに、 $AOC=\alpha$ 、 $BOC=\beta$ 、 $AOD=\gamma$ 、 $BOD=\delta$ とおくと、これらの間の関係は、以下の式により表すことができる。

$$AC/BC = \triangle OAC / \triangle OBC \quad (2)$$

$$\triangle OAC = (1/2) a c \sin\alpha \quad (3)$$

$$\triangle OBC = (1/2) b c \sin\beta \quad (4)$$

【0055】式(2)乃至(4)により、以下の関係式が得られる。

$$AC/BC = a \sin\alpha / b \sin\beta \quad (5)$$

【0056】同様の計算を AD と BD に対して施すと、以下の式が得られる。

$$AD/BD = a \sin\gamma / b \sin\delta \quad (6)$$

【0057】式(5)を式(6)により除算することにより、以下の式(7)が得られる。

☆参照画像上の点 n_{r0} 、 n_{r2} 、 n_{r1} に対応させる。これらの関係を改めて作図し直したのが、図12である。

【0061】いま、距離 Z_s だけ離れた位置に、対象点 C が配置されているとする。このとき、エビポーライン L' 上を探索して得られた対応点が n_{rs} であるとする、式(9)の各線分の値は以下になる。

【0062】

で、各距離の比は正比例の関係となるので、大きな問題は生じない。例えば、図12においては、ADは光軸に正射影したAcDcの長さである。

【0064】また、以上の例では、AD間の内挿の場合（対象点CがADの内側に存在する場合）について説明したが、外挿の場合（対象点CがADの外側に存在する場合）においても、同様に、以上の原理を適用することが可能であることは言うまでもない。

【0065】以下に、図4のステップS5の処理を、図12の対象点Cを第i番目の画素に対応する対象点とし、その対応点と距離を算出する場合を例として、図5のフローチャートを参照して、説明する。

【0066】この処理が実行されると、ステップS21において、基準画像上の対象点 n_b （画像上の対象点C）がステレオ処理部23に入力される。ステップS22においては、上述したようにして求められた射影変換行列 H_0 乃至 H_2 を用いて、参照画像上の対応点 n_{r0} 乃至 n_{r2} が算出される。そして、ステップS23に進む。

【0067】ステップS23において、ステップS22において求められた n_{r0} と n_{r1} とを直線で結ぶことにより、エッジラインを生成する。そして、ステップS24においては、基準カメラ1（図1）から出力された画像の点 n_b の近傍の画素群が抽出される。

【0068】ステップS25において、抽出された画素群をテンプレートとし、マッチ度の高い点 m_{rs} がエッジラインに沿って検索される。すなわち、ステップS25における処理は、ステップS23において、生成されたエッジラインに対応するアドレスに応じて、参照カメラ2から出力されている画素群を読み出し、テンプレートと照合する処理となる。そして、最も近い（誤差の少ない）画素群が存在する領域の中心が点 n_{rs} とされる。

【0069】ステップS26において、ステップS25において求められた n_{rs} と、 n_{r0} 乃至 n_{r2} 、および Z_0 乃至 Z_2 から、複比を用いて、 n_{rs} に対応する距離 Z_s を算出する。このような処理により、対象点C（第i番目の画素に対応する対象点）までの距離 Z_s （第i番目の画素に対応する距離画像 $R_i(t)$ ）を算出することができる。

【0070】このフローチャートの処理は、ステップS3において、輝度の評価値 SD_i がしきい値 SD_t よりも小さいと判断された画素に対しては行われない（従って、全ての画素に対して探索が行われるわけではない）ので、距離画像の生成に要する時間を短縮することが可能となる。

【0071】以上のようにして求められた第i番目の画素に対応する距離画像 $R_i(t)$ は、図4のステップS6において、距離画像 $R(t)$ に書き込まれる。

【0072】ステップS7において、画素の番号を表すiが、画面を構成する画素全てに対して探索されたか否

かが判断される。換言すれば、画面を構成する画素の総数が、例えば 640×480 の場合、iの値が 640×480 と等しくなったか否かが判断される。ステップS7において、iの値が画素の総数と等しくはなっていないと判断された場合、ステップS8に進み、iの値が1だけインクリメントされる。そして、ステップS2に戻り、それ以降の処理が繰り返される。

【0073】一方、ステップS7において、iの値が画素の総数と等しくなったと判断された場合、このフローチャートの処理は終了される。

【0074】次に、図13のフローチャートを参照して、距離画像生成部3の他の動作について説明する。ステップS31とS32の処理は、図4のステップS1とS2の処理と同様の処理なので、その説明は省略する。

【0075】検索範囲決定部22は、ステップS33において、入力された輝度変化評価値 SD_i が予め設定されているしきい値 SD_t よりも小さいか否かを判断する。輝度変化評価値 SD_i がしきい値 SD_t よりも小さいと判断された場合、ステップS34に進む。輝度変化評価値 SD_i がしきい値 SD_t より小さいと言うことは、第i番目の画素での距離の変化（その画素の時刻（ $t-1$ ）における距離と時刻（ t ）における距離の差）は小さいであろうと判断され、エッジライン上の対応点の探索範囲が、時刻（ $t-1$ ）に得られた第i番目の画素に対応する距離画像 $R_i(t-1)$ を中心にして、その周辺に設定される。

【0076】一方、ステップS33において、輝度変化評価値 SD_i がしきい値 SD_t よりも大きいと判断された場合、換言すれば、第i番目の画素での距離変化は大きいであろうと判断された場合、ステップS35に進む。ステップS35においては、エッジライン上の対応点の探索範囲が計測レンジ全体に設定される。

【0077】ステップS34またはステップS35において、設定されたエッジライン上の探索範囲の結果は、探索範囲決定部22からステレオ処理部23に出力される。ステレオ処理部23は、ステップS36において、入力された探索範囲に基づいて、参照カメラ2の画像データID（ t ）のエッジライン上の対応点探索および距離の算出の処理を実行する。以降、ステップS36乃至S39の処理は、図4のステップS5乃至S8の処理と同様の処理なので、その説明は省略する。

【0078】上述した実施の形態では、1つのしきい値 SD_t のみを用いて対応点の探索範囲を求めたが、2つのしきい値 SD_{t1} と SD_{t2} を用いて行う場合について、図14のフローチャートを参照して説明する。

【0079】ステップS51とS52の処理は、図4のステップS1乃至S2の処理と同様の処理なので、その説明は省略する。探索範囲決定部22は、ステップS53において、ステップS52で導出された輝度変化評価値 SD_i が、しきい値 SD_{t1} よりも小さいか否かを判断

する。

【0080】輝度変化評価値 SD_i がしきい値 SD_{t1} よりも小さいと判断された場合、換言すると、その画素での距離の変化は無視できる範囲内であると判断された場合、ステップS54に進む。ステップS54においては、時刻 $(t-1)$ において距離画像生成部3から出力された第 i 番目の画素に対応する距離画像 $R_i(t-1)$ を、時刻 t において距離画像生成部3から出力する第 i 番目の画素に対応する距離画像 $R_i(t)$ として採用し、ステップS59に進む。

【0081】ステップS59において、採用された距離画像 $R_i(t)$ が $R(t)$ に書き込まれる。

【0082】一方、ステップS53において、輝度変化評価値 SD_i がしきい値 SD_{t1} と等しいか、それよりも大きいと判断された場合、ステップS55に進む。ステップS55においては、輝度変化評価値 SD_i がしきい値 SD_{t2} よりも小さいか否かが判断される。このしきい値 SD_{t2} は、しきい値 SD_{t1} よりも大きい値とされている。

【0083】輝度変化評価値 SD_i がしきい値 SD_{t2} よりも小さいと判断された場合、換言すれば、その画素での距離の変化は小さいであろうと判断された場合、ステップS56に進む。ステップS56においては、エッジライン上の対応点の探索範囲が、時刻 $(t-1)$ の時に求めた第 i 番目の画素に対応する距離画像 $R_i(t-1)$ を中心にし、その周辺のみに設定される。

【0084】一方、ステップS55において、輝度変化評価値 SD_i がしきい値 SD_{t2} と等しいか、それよりも大きいと判断された場合、ステップS57に進む。ステップS57において、エッジライン上の探索範囲が、計測レンジ全体に設定される。

【0085】ステップS58においては、ステップS56またはステップS57において設定された探索範囲に応じて、対応点と距離を算出する処理が行われる。以下、ステップS58乃至ステップS61の処理は、図4のステップS5乃至ステップS8の処理と同様の処理なので、その説明は省略する。

【0086】このように、ステレオ処理を行って距離画像を求める際に、過去に求めた画像と距離情報を用いて、エッジライン上の探索範囲を限定することにより、対応点探索の計算量を減らし、処理の高速化を図ることができる。

【0087】上述した実施の形態においては、2台のカメラ（基準カメラ1と参照カメラ2）を用いたが、2台以上の複数のカメラを用いても、本発明を適用することができることはいうまでもない。また、上述したように、1つの距離画像生成部3を用いても良いが、複数の距離画像生成部3を用いるようにしても良い。複数の距離画像生成部3を用いる場合、各距離画像生成部3は、それぞれ割り当てられた画像の一部分を担当し、処理

し、さらに並列に処理が行えるように構成される。このように構成されることにより、さらに早く距離画像を求めることができる。

【0088】なお、本明細書中において、上記処理を実行するコンピュータプログラムをユーザに提供する提供媒体には、磁気ディスク、CD-ROMなどの情報記録媒体の他、インターネット、デジタル衛星などのネットワークによる伝送媒体も含まれる。

【0089】

- 10 【発明の効果】以上の如く、請求項1に記載の画像処理装置、請求項5に記載の画像処理方法、および請求項6に記載の提供媒体によれば、撮像装置から撮像された画像のうち少なくとも1つを基準画像とし、現在撮像されている基準画像と過去に撮像された基準画像との輝度の変化を算出し、その算出された値により、エッジライン上の対応点の探索範囲を決定するようにしたので、対応点探索に要する時間を短縮することが可能となり、もって距離画像の生成処理を高速化することが可能となる。

20 【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の画像処理装置の一実施の形態の構成を示す図である。

【図2】図1の画像処理装置が行うデータの流れについて説明する図である。

【図3】図1の距離画像生成部の構成を示すブロック図である。

【図4】図1の画像処理装置の動作を説明するフローチャートである。

30 【図5】図4のステップS8の対応点、距離算出の処理の詳細を説明するフローチャートである。

【図6】基準カメラと参照カメラの画像面に平面上の対象点Pが観察される様子を示す図である。

【図7】基準カメラ、参照カメラ、および平面の配置例を示す図である。

【図8】参照カメラの画像が射影変換され、基準カメラの画像と重ね合わされた様子を示す図である。

【図9】対象物が距離 Z_0 と Z_1 に存在する場合に、参照カメラの画像面に観察される観察点 n_0 と n_{t1} を示す図である。

40 【図10】線分Lが画像面に投影されている場合の様子を説明する図である。

【図11】図10に示す線分L、線分L'、および視点Oを1つの平面上に表した図である。

【図12】図11に示す図を、本実施の形態に対応させて書き直した場合の図である。

【図13】図1の画像処理装置の他の動作を説明するフローチャートである。

【図14】図1の画像処理装置のさらに他の動作を説明するフローチャートである。

50 【図15】基準カメラと参照カメラの画像、対象点P、

15

およびエピソードラインの関係を示す図である。

【図16】エピソードラインと探索点との関係を示す図である。

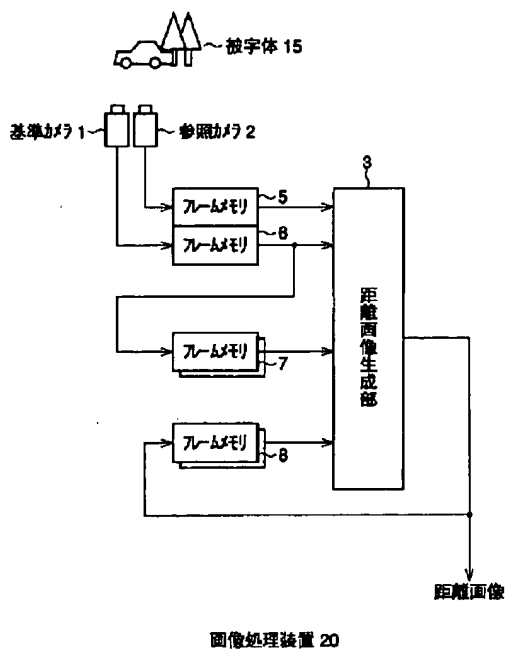
【図17】図16の各対応点の相関値のグラフである。

【符号の説明】

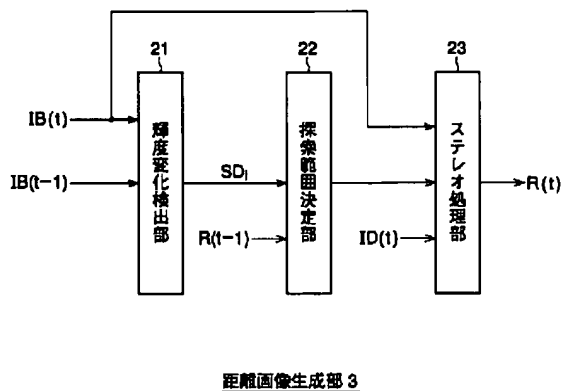
16

1 基準カメラ, 2 参照カメラ, 3 距離画像生成部, 5, 6, 7, 8 フレームメモリ, 21 輝度変化検出部, 22 探索範囲決定部, 23 ステレオ処理部

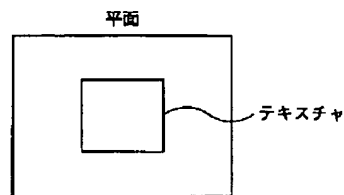
【図1】



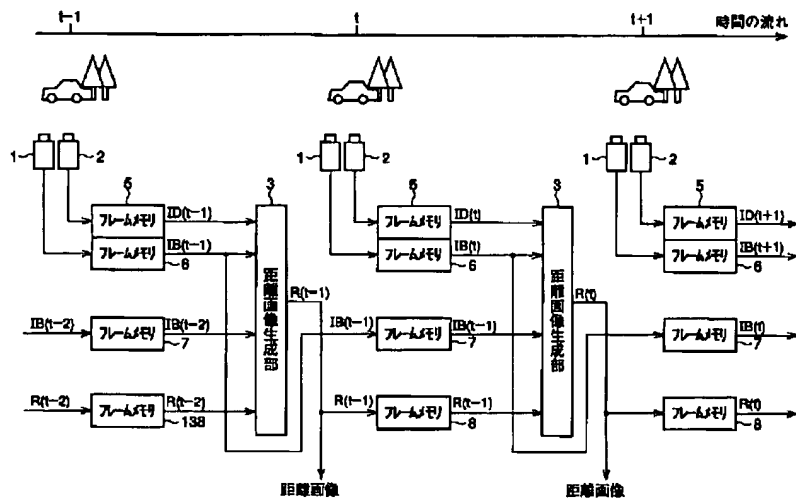
【図3】



【図7】



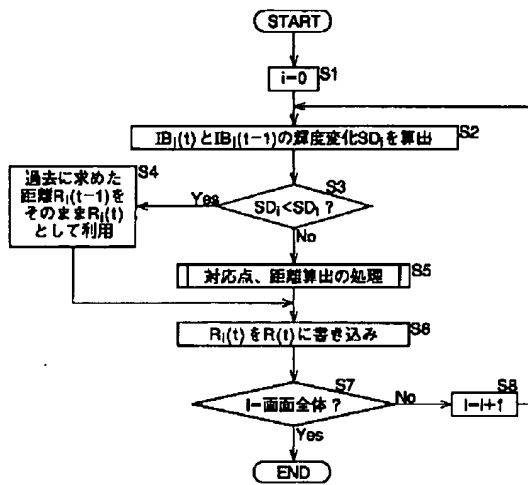
【図2】



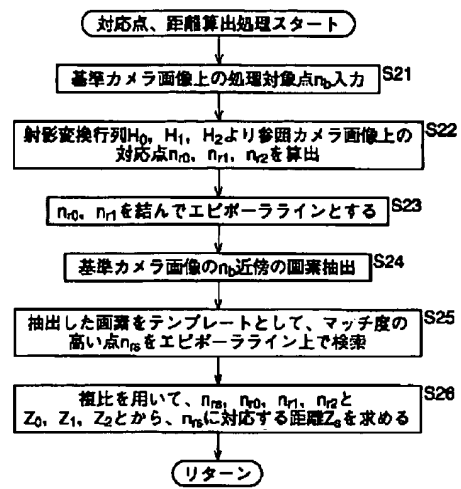
基準カメラ1

参照カメラ2

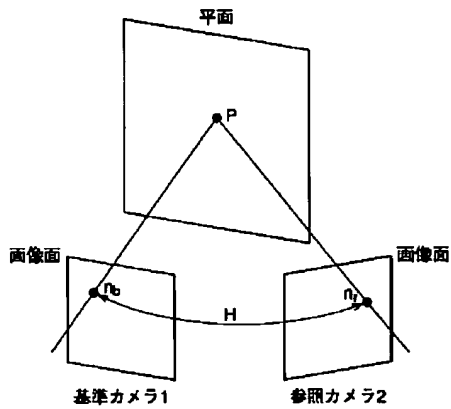
【図4】



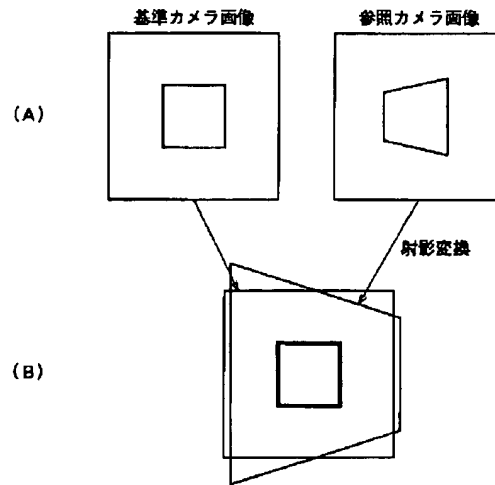
【図5】



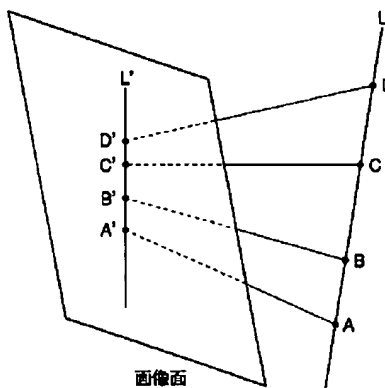
【図6】



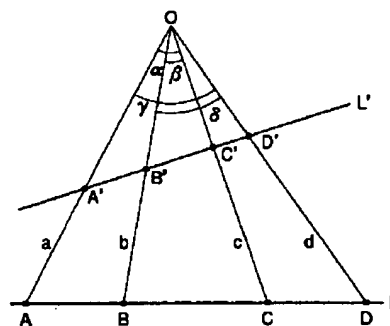
【図8】



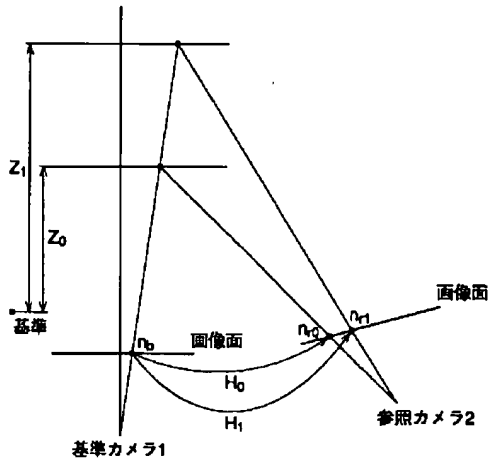
【図10】



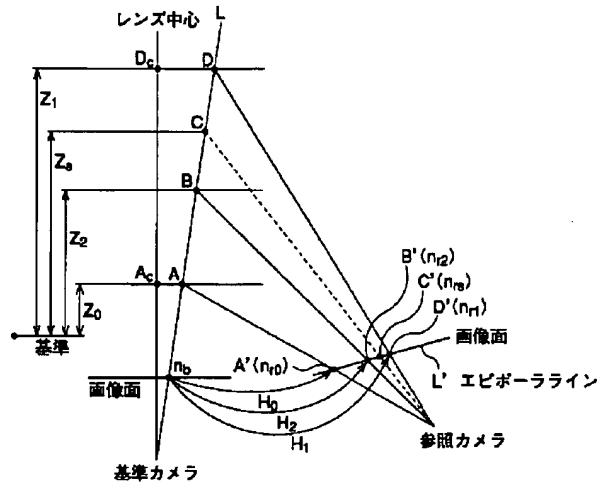
【図11】



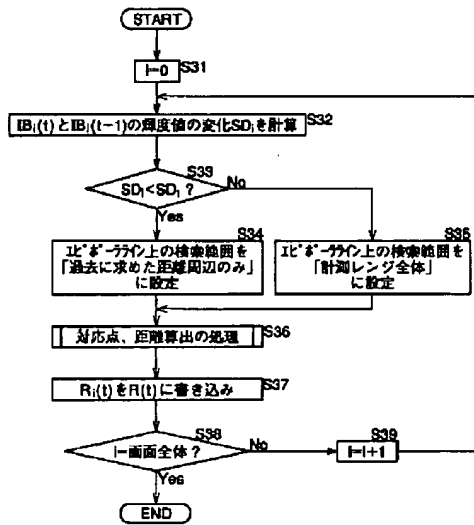
【図9】



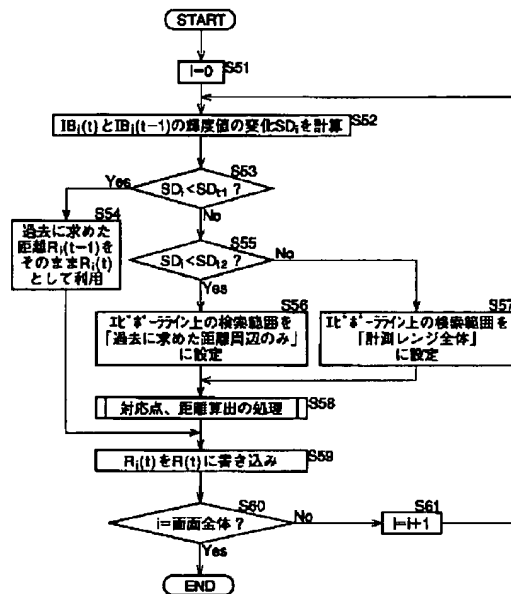
【図12】



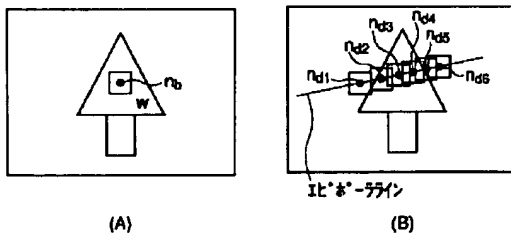
【図13】



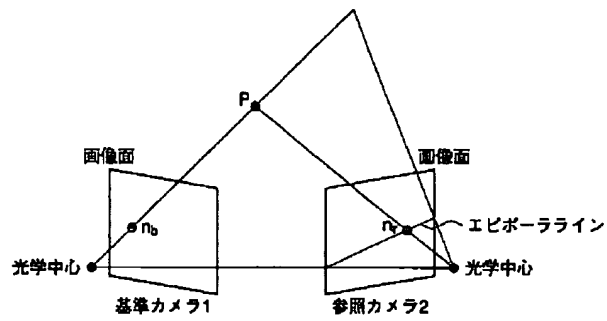
【図14】



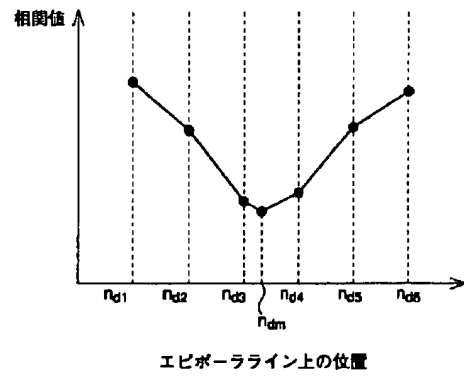
【図16】



【図15】



【図17】



*** NOTICES ***

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. **** shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

DETAILED DESCRIPTION

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[The technical field to which invention belongs] this invention relates to an image processing system, a method, and an offer medium. especially The criteria picture acquired in the past in the search of corresponding points called for in case a depth map is generated is used. As opposed to the pixel which judged whether change of distance would be small, consequently was judged that change is small The search range of the corresponding points is related with the image processing system which enables improvement in the speed of generation processing of a depth map, a method, and an offer medium limitation or by being made not to search at all.

[0002]

[Description of the Prior Art] In order to measure, surface 3-dimensional coordinate, i.e., 3-dimensional configuration, of a measuring object object, it asks for the corresponding points of each pixel between the picture with two or more cameras with which views differ using the picture which picturized the same scene simultaneously, and the distance metering device which acquires the distance information to a body with the parallax is known. Thus, generally the method of measuring distance is called stereo method.

[0003] Drawing 15 is drawing explaining the outline of the stereo method. As shown in this drawing, by the stereo method, with two cameras, the criteria camera 1 and the reference camera 2, a 3-dimensional scene is observed and the position (distance from a reference point) in the 3-dimensional space of the object which it is going to measure is called for.

[0004] That is, in the example shown in drawing 15, the viewpoint nb by which the object point P in a 3-dimensional scene is observed with the criteria camera 1, and the viewpoint nr observed with the reference camera 2 are called for. And it can ask for the position in the 3-dimensional space of the object point P from these stations nb and nr.

[0005] There is a method using the epipolar line as a method of detecting the viewpoint nr corresponding to Viewpoint nb. That is, as shown in drawing 15, the viewpoint nr of the reference camera 2 exists on the straight line which the flat surface determined by the optical center (optical axis) of both cameras and the viewpoint nb of the criteria camera 1 and the picture side of the reference camera 2 cross. This straight line is called epipolar line. If the physical relationship of the criteria camera 1 and the reference camera 2 is ****, desired corresponding points are detectable by performing corresponding-points reference on the epipolar line on the screen of the reference camera 2 for every station of the criteria camera 1.

[0006] Here, the case where the corresponding points of the point nb on the criteria screen shown in drawing 16 (A) are detected on a reference screen is explained. Like drawing 16 (A), the small field W of nb circumference is made into a template, and a correlation value is calculated by two or more [on the epipolar line on a detection picture] (in the case of drawing 16 (B) nd1 or six points of nd6). The number of the point nd1 on this epipolar line or the subscript of nd6 presupposes that it is attached corresponding to 1m of actual distance from the criteria camera 1, and 6m, respectively.

[0007] As how to calculate this correlation value, as shown, for example in the following formula, SAD (Sum of Absolute Difference) is used.

$d(b, d) = \sum |I(x_i) - I'(x'_i)|$ -- in this formula, $I(x_i)$ expresses the brightness of a reference picture and the brightness value of a criteria picture and its $I'(x'_i)$ is [i] the values showing the number of the pixel in the small field W

[0008] Drawing 17 made the graph the correlation value calculated by the upper formula. In this graph, a mutually related low and nd3 which it is at the time serve as corresponding points most. In this case, distance is set to 3m in which nd3 exists. Or most, the sampled data are interpolated, a minimum point is calculated from the value of the low nb3 mutually related circumference, and it is good also considering the point as corresponding points (in the case of drawing 17 ndm).

[0009] In addition, the relation between the position on an epipolar line and an objective distance is beforehand called for by the calibration. And a depth map is generated by doing in this way and finding the corresponding points of the pixel on each criteria picture, and its distance.

[0010]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] By the way, although there were six searching points on an epipolar line, 32 or 64 searching points usually search for corresponding points in the example of drawing 16. Furthermore, this search is performed to each pixels of all on a criteria picture. Therefore, since this corresponding-points search was very heavy processing, there was a technical problem that time was required in the processing.

[0011] Moreover, at a broadcasting station, in order to think quality of image as important, there are many pixels which constitute a picture. Therefore, about the whole picture, time is required for performing corresponding-points search mentioned above and calculation of distance, and processing of real time becomes difficult.

[0012] this invention enables it to accelerate generation processing of a depth map by it being made in view of such a situation, using the criteria picture acquired in the past, using the pixel of the depth map called for in the past to the pixel judged that change of distance is small, or limiting the search range of the searching point on an epipolar line, and making it search.

[0013]

[Means for Solving the Problem] An image processing system according to claim 1 makes a criteria picture at least one of the pictures picturized from image pck-up equipment, and is characterized by to have a determination means determine the search range of the corresponding points on an epipolar line with the value computed by a brightness calculation means compute change of the brightness of the criteria picture picturized now and the criteria picture picturized in the past, and the brightness calculation means.

[0014] The image-processing method according to claim 5 makes a criteria picture at least one of the pictures picturized from image pck-up equipment, and is characterized by to include the determination step which determines the search range of the corresponding points on an epipolar line with the value computed at the brightness calculation step which computes change of the brightness of the criteria picture picturized now and the criteria picture picturized in the past, and the brightness calculation step.

[0015] The brightness calculation step which computes change of the brightness of the criteria picture which an offer medium according to claim 6 makes a criteria picture at least one of the pictures picturized from image pck-up equipment, and is picturized now, and the criteria picture picturized in the past, It is characterized by offering the program which the computer which performs processing which contains the determination step which determines the search range of the corresponding points on an epipolar line with the value computed at the brightness calculation step can read.

[0016] In an image processing system according to claim 1, the image-processing method according to claim 5, and an offer medium according to claim 6, at least one of the pictures picturized from image pck-up equipment is made into a criteria picture, change of the brightness of the criteria picture picturized now and the criteria picture picturized in the past is computed, and the search range of the corresponding points on an epipolar line is determined by the computed value.

[0017]

[Embodiments of the Invention] Although the gestalt of operation of this invention is explained below, it is as follows, when the gestalt (however, an example) of operation [in the parenthesis after each means] is added and the feature of this invention is described, in order to clarify correspondence relation between each means of invention given in a claim, and the gestalt of the following operations. However, of course, this publication does not mean limiting to what indicated each means.

[0018] Claim 1 image processing system makes a criteria picture at least one of the pictures picturized from image pck-up equipment. With the value computed by a brightness calculation means (for example, step S32 of drawing 13) to compute change of the brightness of the criteria picture picturized now and the criteria picture picturized in the past, and the brightness calculation means It is characterized by having a determination means (for example, steps S34 and S35 of drawing 13) to determine the search range of the corresponding points on an epipolar line.

[0019] It has further a judgment means (for example, step S3 of drawing 4) to judge whether an image processing system according to claim 2 has the value smaller than the set-up threshold computed by the brightness calculation means, and a determination means is characterized by the thing using the distance information drawn by the corresponding points called for in the past (for example, step S4 of drawing 4), when a value is judged to be smaller than a threshold by the judgment means.

[0020] It has further a judgment means (for example, step S33 of drawing 13) to judge whether an image processing system according to claim 3 has the value smaller than the set-up threshold computed by the brightness calculation means, and a determination means is characterized by what (for example, step S34 of drawing 13) the search range of corresponding points is limited for around the corresponding points for which it asked in the past, when a value is judged to be smaller than a threshold by the judgment means.

[0021] The value computed by the brightness calculation means an image processing system according to claim 4 The 2nd threshold set up as a bigger value than a threshold (for example, SDt1 of drawing 14) It has further the 2nd judgment means (for example, step S55 of drawing 14) which judges whether it is smaller than (SDt2 [for example,] of drawing 14). a determination means When it is judged by the 2nd judgment means that a value is smaller than the 2nd threshold, it is characterized by what (for example, step S56 of drawing 14) the search range of corresponding points is limited for around the corresponding points for which it asked in the past.

[0022] Drawing 1 shows the example of composition of the image processing system 20 of this invention. The image data of the photographic subject 15 by which a photographic subject's 15 image data picturized with the criteria camera 1 was picturized by the frame memory 6 with the reference camera 2 is digitized by the frame memory 5, respectively, and is outputted and memorized. The image data memorized by the frame memory 5 is outputted to the depth map generation section 3. The image data outputted to the depth map generation section 3 is used for the generation of a depth map later mentioned with other data.

[0023] The image data memorized by the frame memory 6 is outputted to the depth map generation section 3 and a frame memory 7. And the image data which the image data outputted to the depth map generation section 3 was used for the generation of a depth map later mentioned with other data, and was outputted to the frame memory 7 is memorized.

[0024] The image data memorized by the frame memory 7 is outputted to the depth map generation section 3. The depth map generation section 3 generates and outputs a depth map based on each inputted image data. Here, a depth map means the picture from which the brightness of each pixel is a value corresponding to the distance from a reference point (criteria camera 1). The output from a frame memory 8 is also inputted into the depth map generation section 3. It is inputted into this frame memory 8, and the data memorized are the depth map outputted one frame ago in the depth map generation section 3.

[0025] Frame memories 7 and 8 may be made to consist of two memory, respectively. And it can avoid rewriting making it not affect the processing which each memory is performing, and the data of the pixel specifically referred to by being made to perform writing and read-out in each memory by turns.

[0026] Drawing 2 is drawing for explaining the image processing system 20 shown in drawing 1 along

with a time-axis, and shows the data flow of the image processing system 20 in each time of the time (t) used as criteria, the time in front of one of them (t-1), and the time after one of them (t+1).

[0027] The image data from the criteria camera 1 of an image processing system 20 in time (t-1) is digitized, is inputted into a frame memory 6 and memorized. The memorized data is set to IB (t-1) (IB shall show henceforth the image data picturized with the criteria camera 1, and the inside of a parenthesis shall show the time when the data was obtained). Similarly, the image data from the reference camera 2 is digitized, is inputted into a frame memory 5 and memorized. The memorized data is set to ID (t-1) (ID shall show henceforth the image data picturized with the reference camera 2, and the inside of a parenthesis shall show the time when the data was obtained).

[0028] IB (t-2) which is the image data (image data outputted from the criteria camera 1 at time (t-2)) one frame before time (t-1) is memorized by the frame memory 7, and the data memorized is outputted to the depth map generation section 3. R (t-2) which is a depth map (depth map which the depth map generation section 3 outputted at time (t-2)) one frame before time (t-1) is memorized by the frame memory 8 (R henceforth). the depth map which the depth map generation section 3 generated shall be shown, and the inside of a parenthesis shall show the time when the depth map was obtained -- the depth map memorized is outputted to the depth map generation section 3

[0029] The depth map generation section 3 generates and outputs a depth map R (t-1) based on the inputted data. About this generation, it mentions later.

[0030] In time (t), image data ID (t) from the reference camera 2 is inputted into a frame memory 5, and it memorizes. Similarly the image data IB from the criteria camera 1 (t) is inputted into a frame memory 6, and it memorizes. Image data ID (t) memorized by each frame memory 5 and 6 and IB (t) are inputted into the depth map generation section 3.

[0031] The image data IB (t-1) outputted from the frame memory 6 at the time of time (t-1) is inputted into a frame memory 7, and it memorizes, and is outputted to the depth map generation section 3. The depth map R (t-1) outputted from the depth map generation section 3 at the time of time (t-1) is inputted into a frame memory 8, and it memorizes, and is outputted to the depth map generation section 3.

[0032] In the depth map generation section 3, depth map R (t) in time (t) is outputted based on each inputted data.

[0033] In time (t+1), image data ID (t+1) from the reference camera 2 is inputted into a frame memory 5, and it memorizes. Similarly the image data IB (t+1) from the criteria camera 1 is inputted into a frame memory 6, and it memorizes. The image data ID (t+1) and IB (t+1) memorized by each frame memory 5 and 6 is inputted into the depth map generation section 3.

[0034] The image data IB (t) outputted from the frame memory 6 at the time of time (t) is inputted into a frame memory 7, and it memorizes, and is outputted to the depth map generation section 3. Depth map R (t) outputted from the depth map generation section 3 at the time of time (t) is inputted into a frame memory 8, and it memorizes, and is outputted to the depth map generation section 3.

[0035] In the depth map generation section 3, the depth map R (t+1) in time (t+1) is outputted based on each inputted data.

[0036] Thus, the image data based on the time is memorized by frame memories 5 and 6, the image data obtained at time one frame ago rather than the time is memorized by the frame memory 7, and a depth map is memorized by the frame memory 8, respectively.

[0037] The depth map generation section 3 consists of a brightness change detecting element 21, the search range determination section 22, and the stereo processing section 23, as shown in drawing 3. Hereafter, the time of time (t) is mentioned as an example, and is explained. In time (t), the image data IB from the criteria camera 1 (t) and the image data IB (t-1) from the criteria camera 1 in time (t-1) are inputted into the brightness change detecting element 21.

[0038] The brightness change detecting element 21 calculates and outputs the brightness value-change evaluation value SDi based on each inputted data. The depth map R (t-1) outputted from the depth map generation section 3 (stereo processing section 23) in this evaluation value SDi and time (t-1) is inputted into the search range determination section 22. The search range determination section 22 determines the search range of the corresponding points on an epipolar line based on the inputted data. The stereo

processing section 23 asks for depth map $R(t)$ according to the determined search range and $ID(t)$. [0039] Next, with reference to the flow chart of drawing 4, operation of the depth map generation section 3 is explained. IB_i , ID_i , and R_i shall express the brightness of the picture from the criteria camera 1 in the i -th pixel, the brightness of the picture from the reference camera 2, and the value (distance) of a depth map here, respectively, and the inside of the parenthesis added after that shall express time.

[0040] The depth map generation section 3 carries out initial setting of the i showing the number of a pixel to 0 in Step S1. In Step S2, as shown in the following formula, the brightness change detecting element 21 calculates the difference of the inputted data $IB_i(t)$ of the i -th pixel of $IB(t)$, and the data $IB_i(t-1)$ of the i -th pixel of $IB(t-1)$, and calculates the change value SD_i of the brightness of a criteria picture.

$SD_i = |IB_i(t) - IB_i(t-1)|$ [0041] You may make it take the correlation value of the surrounding small field of each pixel as the method of calculation of the change value SD_i of this brightness to the change which takes the absolute value of the difference of the brightness value of each pixel.

[0042] It judges whether the reference range determination section 22 has the brightness change evaluation value SD_i smaller than the threshold SD_t set up beforehand inputted in Step S3. When it is judged that the brightness change evaluation value SD_i is smaller than a threshold SD_t , it progresses to step S4. Saying that the brightness change evaluation value SD_i is smaller than a threshold SD_t It is judged that change (difference of the distance in the time $(t-1)$ of the pixel and the distance in time (t)) of the distance in the i -th pixel will probably be so small that it can be disregarded. The depth map $R_i(t-1)$ corresponding to the i -th pixel obtained at the time of time $(t-1)$ is adopted as a depth map $R_i(t)$ corresponding to the i -th pixel of time (t) .

[0043] When the brightness change evaluation value SD_i was judged to be larger than a threshold SD_t , it put in another way in Step S3 and it is judged on the other hand that the distance change by the i -th pixel will probably be large, it progresses to Step S5. In Step S5, the stereo processing section 23 performs corresponding-points search on the epipolar line of image data $ID(t)$ of the reference camera 2, and processing of calculation of distance. Next, although the detail of processing of Step S5 is explained with reference to the flow chart of drawing 5, the method of calculation of the distance at the time of using drawing 6 or subsequent ones and using projective transformation before it, is explained.

[0044] As shown in drawing 6, when the flat surface put on 3-dimensional space is observed with two cameras (stereoscopic camera), the criteria camera 1 and the reference camera 2, the camera coordinate of corresponding points can be mutually changed by projective transformation. That is, the following formula will be materialized if the projective-transformation matrix of 3×3 is set to H for the conversion to n_r from n_b when the point P on the flat surface put on 3-dimensional space is observed by n_b by the picture (it is hereafter written as a criteria picture suitably) of the criteria camera 1 and is observed by n_r by the picture (it is hereafter written as a reference picture suitably) of the reference camera 2.

$$n_r = H \cdot n_b \quad (1)$$

[0045] The projective-transformation matrix H of a formula (1) is constituted by a total of nine parameters of m_0 or m_8 . However, since flexibility remains in a scale factor, flexibility is set to 8. Moreover, the projective-transformation matrices H are the internal parameter of a camera, an external parameter, and a matrix that contained the plane equation implicitly.

[0046] Drawing 7 is drawing showing the relation of the texture and the camera used as the object which performs projective transformation. In this drawing, it is made as [picturize / with two cameras with which physical relationship was mutually fixed in the flat surface of one sheet installed in the position which only a certain distance Z_0 separated from the reference point (you may choose it as a position)]. In addition, predetermined texture is formed in the field by the side of a plane camera.

[0047] A stereo pair is formed combining the picture of the reference camera 2, and the picture of the criteria camera 1. At this time, the picture (criteria picture) of the criteria camera 1 and the picture (reference picture) of the reference camera 2 come to be shown in drawing 8 (A).

[0048] At this time, predetermined projective transformation is performed to a reference picture, and the projective-transformation matrix H in which the error of the brightness between these pictures serves as

the minimum is computed. By searching for such a projective-transformation matrix H , it becomes possible to search the corresponding points corresponding to the arbitrary points of a criteria picture from a reference picture.

[0049] The Levenberg-Marquardt minimizing method is used as how (the method of a picture doubling lump) to search for the projective-transformation matrix H whose reference picture and criteria picture after conversion correspond. And an epipolar line is called for using the projective-transformation matrix H searched for in this way.

[0050] Drawing 9 is drawing for explaining how asking for an epipolar line. If the projective-transformation matrix H is searched for, the point $nr0$ on the reference picture corresponding to the point nb on the criteria picture in distance $Z0$ will be determined. Since Point nb is arbitrary consequently, the corresponding points corresponding to all the points on a criteria picture are computable. The projective-transformation matrix $H1$ at the time of similarly, setting the flat surface to observe so that it may become the flat surface and parallel which were put on the position of distance $Z1$ in the position of distance $Z0$ is searched for.

[0051] When the viewpoint nb on a criteria picture has an object point in distance $Z0$ or $Z1$, the projective-transformation matrices $H0$ and $H1$ searched for show being projected on $nr0$ and $nr1$ on a reference picture, respectively. Therefore, the segment on a reference picture which connected two $nr0$ and $nr1$ serves as an epipolar line.

[0052] By the way, when measuring the distance of an actual object, it is necessary to search for the point (corresponding points) corresponding to the predetermined point on a criteria picture on the epipolar line of a reference picture, and to change the searched position (parallax) of corresponding points into an actual distance in 3-dimensional space. However, when projective transformation is used, for example, parallax and an actual distance are not in direct proportion. Therefore, in order to ask for the transformation which changes this parallax into distance, the above-mentioned flat surface is again installed in distance $Z2$ which is different in distance $Z0$ and $Z1$, it is asked for $nr2$, and it changes into it from these [$nr0$ $nr1$, and $nr2$] to the distance of parallax using a double ratio.

[0053] Drawing 10 is drawing for explaining a double ratio. it is shown in this drawing -- as -- the segment in 3-dimensional space -- L shall be projected as segment L' on a picture screen this time -- a segment -- $4on$ L A , and B , C and D -- respectively -- Segment L -- it shall be projected on 'upper point A' , B' , C' , D' Moreover, View O , and Segment L and L' which observe these segments L and L' are arranged at the coplanar. putting in another way -- if -- a point -- A -- B -- C -- D -- A -- ' -- B -- ' -- C -- ' -- D -- ' -- a view -- O -- being the same -- a flat surface -- a top -- arranging -- having -- **** . When the physical relationship on these flat surfaces is rewritten, it comes to be shown in drawing 11 .

[0054] In this drawing, it sets with $OA=a$, $alumnus=b$, $OC=c$, and $OD=d$, and further, if it sets with $AOC=\alpha$, $BOC=\beta$, $AOD=\gamma$, and $BOD=\delta$, the following formulas can express the relation between these.

$$AC/BC = \frac{OA}{OB} \cdot \frac{OC}{OD} \quad (2)$$

$$\frac{OA}{OB} = \frac{1}{2} \cdot \frac{a \sin \alpha}{b \sin \beta} \quad (3)$$

$$\frac{OC}{OD} = \frac{1}{2} \cdot \frac{c \sin \gamma}{d \sin \delta} \quad (4)$$

[0055] The following relational expression is obtained by a formula (2) or (4).

$$AC/BC = \frac{a \sin \alpha}{b \sin \beta} \quad (5)$$

[0056] The following formulas will be obtained if same calculation is given to AD and BD .

$$AD/BD = \frac{a \sin \gamma}{b \sin \delta} \quad (6)$$

[0057] The following formulas (7) are obtained by carrying out the division of the formula (5) by the formula (6).

$$\frac{AC/BC}{AD/BD} = \frac{(\sin \alpha / \sin \beta)}{(\sin \gamma / \sin \delta)} \quad (7)$$

[0058] more than -- a formula -- (-- two --) -- or -- (-- seven --) -- calculation -- being the same -- calculation -- $A'C$ -- ' -- $B'C$ -- ' -- $A'D$ -- ' -- $B'D$ -- ' -- receiving -- carrying out -- things -- the following -- a formula -- (-- eight --) -- obtaining -- having .

$$\frac{(A'C/B'C)}{(A'D/B'D)}$$

$$= \frac{(\sin \alpha / \sin \beta)}{(\sin \gamma / \sin \delta)} \quad (8)$$

[0059] The following formulas (9) and (double ratios) are obtained from these formulas (7) and a formula (8).

(AC-BD/BC-AD)

= (A'C'andB'D'/B'C'andA'D') (9)

[0060] The above double ratio is used and the distance from the reference point in the 3-dimensional space of a desired object point is found by the following procedures. now and drawing 11 -- setting -- a segment -- L is corresponded to the visual axis of the point nb on a criteria picture -- making -- moreover, a segment -- it carries out to making L' correspond to an epipolar line furthermore -- a point -- A -- B -- D -- respectively -- distance -- Z -- zero -- Z -- two -- Z -- one -- three -- a dimension -- space -- inside -- a point -- corresponding -- making -- moreover -- a point -- A -- ' -- B -- ' -- D -- ' -- projective transformation -- a matrix -- H -- zero -- H -- two -- H -- one -- respectively -- it can ask -- reference -- a picture -- a top -- a point -- nr -- zero -- nr -- Drawing 12 replotted these relations anew.

[0061] Suppose that the object point C is arranged now in the position which only distance ZS left. supposing the corresponding points which searched the epipolar line L' top and were obtained are nrs at this time -- a formula (9) -- each -- the value of a segment is as follows

[0062]

AC=ZS-Z0 , A'C'=nrs-nr0 BC=ZS-Z2 , B'C'=nrs-nr2 AD=Z1-Z0 , A'D'=nr1-nr0 BD=Z1-Z2 , B'D'=nr1-nr2 (10)

[0063] Therefore, the distance ZS from the reference point to the object point C can be found by substituting a formula (10) for a formula (9). by the way, an actual distance -- a segment -- although it is not a thing in alignment with L, since it projects orthogonally in another segment and the ratio of each distance serves as a relation of direct proportion, a big problem is not produced For example, in drawing 12 , AD is the length of ACDC projected orthogonally in the optical axis.

[0064] Moreover, although the case of interpolation between AD(s) was explained in the above example (when the object point C exists inside AD), it cannot be overemphasized that it is possible to apply the above principle similarly in the case of extrapolation (when for the object point C to exist in the outside of AD).

[0065] Below, processing of Step S5 of drawing 4 is made into the object point corresponding to the i-th pixel for the object point C of drawing 12 , and it explains with reference to the flow chart of drawing 5 by making into an example the case where the corresponding points and distance are computed.

[0066] Execution of this processing inputs the object point nb (the object point C on a picture) on a criteria picture into the stereo processing section 23 in Step S21. In Step S22, the corresponding points nr0 on a reference picture or nr2 is computed using the projective-transformation matrix H0 searched for as mentioned above, or H2. And it progresses to Step S23.

[0067] In Step S23, an epipolar line is generated by connecting nr0 and nr1 which were calculated in Step S22 in a straight line. And in Step S24, the pixel group near the point nb of the picture outputted from the criteria camera 1 (drawing 1) is extracted.

[0068] In Step S25, the extracted pixel group is made into a template and the point mrs that the degree of match is high is searched along with an epipolar line. That is, in Step S23, the processing in Step S25 reads the pixel group currently outputted from the reference camera 2 according to the address corresponding to the generated epipolar line, and turns into processing collated with a template. And the center of a field that the nearest (there are few errors) pixel group exists is made into Point nrs.

[0069] In Step S26, the distance ZS corresponding to nrs is computed using nrs, nr0, nr2 and Z0, or Z2 to the double ratio called for in Step S25. The distance ZS (depth map Ri corresponding to the i-th pixel (t)) to the object point C (object point corresponding to the i-th pixel) is computable with such processing.

[0070] there is no processing of this flow chart a lameness crack in Step S3 to the pixel by which the evaluation value SDi of brightness was judged to be smaller than a threshold SDt (therefore, search is not performed to all pixels) -- it is -- it becomes possible to shorten the time which generation of a depth map takes

[0071] The depth map Ri corresponding to the i-th pixel called for as mentioned above (t) is written in

depth map $R(t)$ in Step S6 of drawing 4.

[0072] In Step S7, it is judged whether it was searched for i showing the number of a pixel to all the pixels that constitute a screen. If it puts in another way, it will be judged whether in the case of 640×480 , the total of the pixel which constitutes a screen became [the value of i] equal to 640×480 . In Step S7, when it is judged that the value of i is not equal to the total of a pixel, it progresses to Step S8 and the increment of the value of i is carried out only for 1. And it returns to Step S2 and processing after it is repeated.

[0073] On the other hand, when it is judged in Step S7 that the value of i became equal to total of a pixel, processing of this flow chart is ended.

[0074] Next, with reference to the flow chart of drawing 13, other operation of the depth map generation section 3 is explained. Since processing of Steps S31 and S32 is the same processing as processing of Steps S1 and S2 of drawing 4, the explanation is omitted.

[0075] It judges whether the reference range determination section 22 has the brightness change evaluation value SD_i smaller than the threshold SD_t set up beforehand inputted in Step S33. When it is judged that the brightness change evaluation value SD_i is smaller than a threshold SD_t , it progresses to Step S34. Saying that the brightness change evaluation value SD_i is smaller than a threshold SD_t It is judged that change (difference of the distance in the time $(t-1)$ of the pixel and the distance in time (t)) of the distance in the i -th pixel will probably be small. The search range of the corresponding points on an epipolar line is set up around it focusing on the depth map $R_i(t-1)$ corresponding to the i -th pixel obtained at time $(t-1)$.

[0076] When the brightness change evaluation value SD_i was judged to be larger than a threshold SD_t , it put in another way in Step S33 and it is judged on the other hand that the distance change by the i -th pixel will probably be large, it progresses to Step S35. In Step S35, the search range of the corresponding points on an epipolar line is set as the whole measurement range.

[0077] In Step S34 or Step S35, the result of the search range on the set-up epipolar line is outputted to the stereo processing section 23 from the search range determination section 22. The stereo processing section 23 performs corresponding-points search on the epipolar line of image data $ID(t)$ of the reference camera 2, and processing of calculation of distance in Step S36 based on the inputted search range. Henceforth, since Step S36 or processing of S39 is Step S5 of drawing 4, or the same processing as processing of S8, the explanation is omitted.

[0078] With the gestalt of operation mentioned above, although the search range of corresponding points was searched for only using one threshold SD_t , the case where it carries out using two thresholds SD_{t1} and SD_{t2} is explained with reference to the flowchart of drawing 14.

[0079] Since processing of Steps S51 and S52 is Step S1 of drawing 4, or the same processing as processing of S2, the explanation is omitted. It judges whether the search range determination section 22 has the brightness change evaluation value SD_i smaller than a threshold SD_{t1} drawn at Step S52 in Step S53.

[0080] If it puts in another way when it is judged that the brightness change evaluation value SD_i is smaller than a threshold SD_{t1} , change of the distance in the pixel will progress to Step S54, when it is judged that it is within the limits which can be disregarded. In Step S54, it adopts as a depth map $R_i(t)$ corresponding to the pixel of the No. i side which outputs the depth map $R_i(t-1)$ corresponding to the i -th pixel outputted from the depth map generation section 3 in time $(t-1)$ from the depth map generation section 3 in Time t , and progresses to Step S59.

[0081] In Step S59, the adopted depth map $R_i(t)$ is written in $R(t)$.

[0082] On the other hand, in Step S53, the brightness change evaluation value SD_i is equal to a threshold SD_{t1} , or when it is judged that it is larger than it, it progresses to Step S55. In Step S55, it is judged whether the brightness change evaluation value SD_i is smaller than a threshold SD_{t2} . Let this threshold SD_{t2} be a larger value than a threshold SD_{t1} .

[0083] When it was judged that the brightness change evaluation value SD_i is smaller than a threshold SD_{t2} , are put in another way and it is judged that change of the distance in the pixel will probably be small, it progresses to Step S56. In Step S56, the search range of the corresponding points on an epipolar

line is set up only around it focusing on the depth map $R_i(t-1)$ corresponding to the i -th pixel for which it asked at the time of time $(t-1)$.

[0084] On the other hand, in Step S55, the brightness change evaluation value SD_i is equal to a threshold SD_{t2} , or when it is judged that it is larger than it, it progresses to Step S57. In Step S57, the search range on an epipolar line is set as the whole measurement range.

[0085] In Step S58, processing which computes corresponding points and distance is performed according to the search range set up in Step S56 or Step S57. Hereafter, since processing of Step S58 or Step S61 is the same processing as processing of Step S5 of drawing 4, or Step S8, the explanation is omitted.

[0086] Thus, in case stereo processing is performed and it asks for a depth map, using the picture and distance information which were searched for in the past, by limiting the search range on an epipolar line, the computational complexity of corresponding-points search can be reduced and improvement in the speed of processing can be attained.

[0087] In the gestalt of operation mentioned above, although two cameras (the criteria camera 1 and reference camera 2) were used, even if it uses two or more two or more cameras, it cannot be overemphasized that this invention is applicable. Moreover, although the one depth map generation section 3 may be used as mentioned above, you may make it use two or more depth map generation sections 3. When using two or more depth map generation sections 3, each depth map generation section 3 is constituted so that a part of picture assigned, respectively may be taken charge of and processed and it can process to parallel further. Thus, by being constituted, it can ask for a depth map early further.

[0088] In addition, the transmission medium by networks, such as the Internet besides information record media, such as a magnetic disk and CD-ROM, and a digital satellite, is also contained in the offer medium which provides a user with the computer program which performs the above-mentioned processing in this specification.

[0089]

[Effect of the Invention] According to an image processing system according to claim 1, the image-processing method according to claim 5, and the offer medium according to claim 6, like the above At least one of the pictures picturized from image pick-up equipment is made into a criteria picture, and change of the brightness of the criteria picture picturized now and the criteria picture picturized in the past is computed. with the computed value Since the search range of the corresponding points on an epipolar line was determined, it becomes possible to become possible to shorten the time which corresponding-points search takes, to have and to accelerate generation processing of a depth map.

[Translation done.]

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☒ FADED TEXT OR DRAWING
- ☒ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.